

UNIVERSITÉ DE PARIS

FACULTÉ DE PHARMACIE

Année 1927-1928

N° 7

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE

DU

MÉTABOLISME DU CARBONE

AU COURS DE L'AVITAMINOSE B.

THÈSE

POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE

Docteur de l'Université de Paris

(PHARMACIE)

présentée et soutenue le jeudi 2 février 1928

PAR

T. J. TUROBINSKI

Pharmacien

Université de l'Illinois, Chicago, U. S. A.

JURY

MM. GUERBET, *Président.*
COUTIÈRE, *Professeur.*
FABRE, *Agrégé.*

PARIS

IMPRIMERIE DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE

JOUBE & C^{ie}, ÉDITEURS

15, RUE RACINE, 15

1928

UNIVERSITÉ DE PARIS

FACULTÉ DE PHARMACIE

Année 1927-1928

N° 7

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE

DU

MÉTABOLISME DU CARBONE

AU COURS DE L'AVITAMINOSE B.

THÈSE

POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE

Docteur de l'Université de Paris

(PHARMACIE)

présentée et soutenue le jeudi 2 février 1928

PAR

T. J. TUROBINSKI

Pharmacien

Université de l'Illinois, Chicago, U. S. A.

JURY { MM. GUERBET, *Président.*
COUTIÈRE, *Professeur.*
FABRE, *Agrégé.*

PARIS

IMPRIMERIE DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE

JOUVE & C^{ie}, ÉDITEURS

15, RUE RACINE, 15

1928

Personnel de la Faculté de Pharmacie

ADMINISTRATION

MM. RADAIS, *Doyen*, O. ✱, O I.
 PERROT, *Assesseur*, O. ✱, O I.
 G. DURSENT, *Secrétaire*, ✱, O I.

PROFESSEURS

MM. H. GAUTIER, O. ✱, O I.	Chimie minérale.
RADAIS, O. ✱, O I.	Cryptogamie et Microbiologie.
BÉHAL, Membre de l'Institut, C. ✱, O I.	Chimie organique.
PERROT, O. ✱, O I.	Histoire Naturelle des Médicaments.
COUTIÈRE, ✱, O I.	Zoologie.
GRIMBERT, ✱, O I.	Chimie biologique.
LEBEAU, O. ✱, O I.	Pharmacie chimique.
DELÉPINE, O. ✱, O I.	Hydrologie et Hygiène.
GUERBET, ✱, O I.	Toxicologie.
BOUGAULT, ✱, O I.	Chimie analytique.
GORIS ✱, O I.	Pharmacie galénique.
GUÉRIN, ✱, O I.	Botanique Générale.
TASSILLY, ✱, O I.	Physique.

Doyens honoraires : MM. GUIGNARD. C. ✱, O I. et H. GAUTIER, O. ✱, O I.

Professeurs honoraires : MM. MOUREU, G. O. ✱, O I. et A. VILLIERS, ✱, O I.

CHARGÉS DE COURS

MM. DAMIENS, ✱, O I.	Minéralogie.
MARC HONNORAT, ✱, O I.	Législation et Déontologie pharmaceutiques.
LUTZ, ✱, O I.	Cryptogamie.

AGRÉGÉS EN EXERCICE

MM. SOMMELET, ✱, O I.	MM. LAUNOY, ✱, O I.	MM. FABRE ✱ A.
DAMIENS, ✱, O A.	HÉRISSEY, ✱, O I.	PICON, O I.
LUTZ, ✱, O I.	DELABY.	MASCRÉ, O I.

CHEFS DES TRAVAUX PRATIQUES

MM. DEFACQZ, ✱, O I.	Chimie générale.
COUSIN, ✱, O I.	Chimie analytique.
SOUÈGES, O I.	Micrographie.
LEROUX, O I.	Physique.
DEVAL, O I.	Microbiologie.
HÉRISSEY, ✱, O I; DELABY, PICON, O I.	Agrégés chargés des Travaux généraux de 4 ^e année.

Bibliothécaire en Chef : M. BEAULIEUX, O I.



A MON PRÉSIDENT DE THÈSE

MONSIEUR LE PROFESSEUR M. GUERBET

Professeur de Toxicologie à la Faculté de Pharmacie de Paris
Pharmacien honoraire des Hôpitaux
Chevalier de la Légion d'honneur

*Témoignage de respectueuse re-
connaissance.*

A MONSIEUR LE PROFESSEUR A. DESGREZ

**Membre de l'Institut et de l'Académie de Médecine
Professeur de Chimie médicale à la Faculté de Médecine de Paris
Officier de la Légion d'Honneur**

Témoignage de profond respect.

A MADAME L. RANDOIN

Agrégé de l'Université. — Docteur ès-Sciences
Directeur du Laboratoire de Physiologie
du Centre de Recherches sur l'Alimentation
(Inst. des Rech. agronomiques)

*Qui, au cours de ce travail, a été
pour moi un guide aussi sûr que
bienveillant.*

*Témoignage de profond respect
et de vive gratitude.*

A MONSIEUR R. FABRE

Professeur agrégé de la Faculté de Pharmacie de Paris
Pharmacien des Hôpitaux de Paris

*Dont les encouragements et le
cordial accueil ont été pour moi
un si grand réconfort.*

*Témoignage de respectueux dé-
vouement.*

A MONSIEUR L. LESCŒUR

Préparateur de Chimie à la Faculté de Médecine de Paris

*Dont les conseils m'ont été si
précieux.*

*Témoignage de vive reconnais-
sance.*

Digitized by the Internet Archive
in 2026

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE
DU MÉTABOLISME DU CARBONE
AU COURS DE L'AVITAMINOSE B.

I. — INTRODUCTION ET EXPOSÉ
DU SUJET

Dans un régime naturel ou artificiel, l'absence totale des vitamines hydrosolubles désignées provisoirement par la lettre B, détermine inévitablement, chez les Oiseaux et les Mammifères, une maladie mortelle désignée sous le nom de *polynévrite* ou *avitaminose B*.

On sait qu'une quantité prodigieuse de recherches ont été effectuées sur les vitamines et les maladies dues à leur absence dans les régimes (1, 2). Et cependant, malgré cette abondance de travaux, on doit reconnaître que, non seulement on ignore encore la constitution chimique et physique des diverses vitamines, mais que nos connaissances

1. C. Funk, *The vitamins*, trad. angl. de H. E. Dubin, 1922 (Baltimore, Williams and Wilkins, édit.).

2. Mme L. Randoïn et H. Simonnet, *Les données et les inconnues du Problème alimentaire*, tome II, *La question des Vitamines*, 1927 (Paris, Les Presses Universitaires de France, édit.)

sur la manière dont elles agissent dans l'accomplissement des phénomènes vitaux essentiels sont, à l'heure actuelle, bien peu nombreuses.

A ce dernier point de vue, cependant, un réel progrès a été réalisé il y a quelques années, par Mme L. Randoïn et H. Simonnet, en ce qui concerne les vitamines hydrosolubles B.

Ces auteurs, pour essayer de connaître le mode d'action des vitamines B, ont voulu déterminer expérimentalement la cause essentielle de la polynévrite, ou tout au moins le facteur principal agissant sur l'évolution de la maladie.

Au moyen de régimes artificiels aussi définis que possible, *uniquement privés de vitamines B*, mais par ailleurs complets et biochimiquement équilibrés, ils ont entrepris en 1923 de longues et patientes recherches sur des Pigeons qu'ils nourrissaient *par gavage*, de manière à éliminer la sous-alimentation vraie, résultant de la perte de l'appétit, toujours observée au cours de la polynévrite ordinaire.

Ils ont pu prouver, à la suite de ces recherches, que la grandeur du besoin en vitamines B n'est pas fixe, absolue, qu'elle ne dépend pas de l'animal lui-même, mais qu'elle est relative et en rapport direct avec le degré d'utilisation digestive des glucides d'une ration, c'est-à-dire *en rapport avec la quantité des sucres pénétrant chaque jour dans l'économie* (3).

3. Mme L. Randoïn et H. Simonnet, *C. R. Acad. des Sciences*, 1923, 177, p. 903.

En 1924, Mme L. Randoin et H. Simonnet ont mis en évidence les faits suivants : 1° les crises de polynévrite et la mort des animaux avitaminés sont d'autant plus précoces que la proportion des glucides digérés, puis absorbés, est plus grande (4) ; 2° plus la ration renferme de glucides digestibles, plus elle doit contenir de vitamines B pour être satisfaisante ; il existe donc une relation très nette entre l'utilisation, par l'organisme, des glucides digérés et la quantité de vitamines B présente dans les rations (5) ; 3° en fournissant l'énergie exclusivement sous forme de lipides et de protides, on peut entretenir pendant un temps relativement long, un animal (Pigeon ou Rat) et même obtenir un début de croissance, avec une ration totalement privée de vitamines B (6, 7).

En 1926, Mme L. Randoin et R. Lecoq, après avoir fourni une preuve expérimentale de l'existence de deux vitamines B distinctes (8, 9) (l'une étant un facteur d'utilisation nutritive, l'autre étant un facteur d'équilibre nerveux) ont confirmé et précisé, au moyen de régimes renfermant des glucides purs (10), les conclusions relatives au premier des trois points

4. Mme L. Randoin et H. Simonnet, *Bull. Soc. Scientif. Hyg. Alim.*, 1924, 12, p. 86-116.

5. *Id.* — *C. R. Acad. des Sciences*, 1924, 178, p. 963.

6, 7. *Id.* — *C. R. Acad. des Sciences*, 1924, 179, p. 700 et p. 1219.

8. Mme L. Randoin et R. Lecoq, *C. R. Acad. des Sciences*, 1926, 182, p. 1408. *Bull. Soc. Thérap.*, 1926, [7], 31, p. 197.

9. *Id.* — *Bull. Soc. Chim. biol.*, 1927, 9, p. 513.

10. *Id.* — *C. R. Acad. des Sciences*, 1927, 184, p. 1347.

précédemment indiqués : crises d'autant plus précoces que la proportion des glucides pénétrant dans l'économie est plus grande.

De l'ensemble de leurs recherches relatives à l'avitaminose B, Mme L. Randoïn et H. Simonnet ont émis l'hypothèse que l'énergie potentielle contenue dans les glucides alimentaires ne peut être utilisée par les cellules que si le régime apporte en même temps à l'économie une certaine proportion de vitamines B.

Il importe donc de tenir compte, du rapport nécessaire $\frac{\text{vitamines B}}{\text{glucides absorbés}}$ dans l'application du principe de l'isodynamie (11).

D'après les deux auteurs, cette catégorie de vitamines hydrosolubles agirait d'une manière primordiale dans le fonctionnement de l'organisme, en ce sens qu'elle jouerait un rôle dans l'utilisation cellulaire (donc dans la désintégration) des glucides, lesquels sont considérés, quantitativement et qualitativement, comme les plus importantes des substances énergétiques.

En l'absence de vitamines B, l'organisme devenant incapable d'utiliser normalement les glucides digérés et absorbés (toujours en très forte proportion dans les régimes), il se produirait une *inanition partielle* (cause de l'amaigrissement), état aggravé par une *accumulation de produits toxiques dérivés des*

11. Mme L. Randoïn et H. Simonnet, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 1924, 6, p. 601-626.

glucides ou causés par leur non-utilisation (cause des accidents nerveux ou crises de polynévrite)(12).

Il existerait donc un trouble tissulaire de la combustion des glucides. Ce fait cadre assez bien avec les recherches de divers auteurs, notamment Abderhalden et E. Wertheimer (13), R. A. Dutcher (14), W.-R. Hess (15, 16, 17), K. Rohr (18), etc., recherches qui permettent de penser à une diminution, dans l'avitaminose B, de la capacité d'oxydation des tissus.

Certaines observations de E. Abderhalden et E. Wertheimer (19), ayant mis en évidence un ralentissement des processus de réduction qui sont, comme on le sait, intimement liés aux oxydations dans les réactions couplées d'oxydation-réduction, Mme L. Randoin et R. Fabre (20) ont entrepris de longues recherches pour savoir s'il existait une relation nette entre le manque exclusif de vitamines B dans un régime riche en glucides et la teneur en glutathion des tissus du Pigeon polynévritique. On

12. Mme L. Randoin et H. Simonnet, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 1925, 7, p. 678-749.

13. E. Abderhalden et E. Wertheimer, *Archiv. Gesam. Physiol.*, 1921-1922-1923-1924.

14. R. A. Dutcher, *Journ. Biol. Chem.*, 1918, 36, p. 63-72.

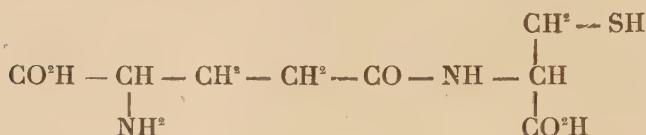
15, 16, 17. W. R. Hess, *Zeitschr. Physiol. Chem.*, 1921, 117, p. 284-308 et 1922, 120, p. 277-280. *Pflüger's Archiv*, 1923, 198, p. 488-489. *Archiv Exp. Path. Pharm.*, 1924, 103, p. 366-379.

18. K. Rohr, *Zeitschr. Physiol. Chem.*, 1923, 129, p. 248-267.

19. E. Abderhalden et E. Wertheimer, *Archiv. Gesam. Physiol.*, 1923, 198, p. 169-148 et 199, p. 352-364.

20. Mme L. Randoin et R. Fabre, *Bull. Soc. Chim. Biol.* 1927, 9, p. 1027-1070.

pense actuellement, en effet, que le glutathion ou dipeptide soufré répondant à la formule suivante :



joue un rôle dans les oxydo-réductions organiques (21). Mme L. Randoïn et R. Fabre (22) ont constaté notamment, en opérant d'une manière comparative sur plusieurs lots de Pigeons, une importante diminution de la teneur en glutathion des muscles squelettiques et du muscle cardiaque, au moment où les animaux commencent à présenter les symptômes graves caractéristiques de l'avitaminose B.

Tous ces travaux, et bien d'autres sur la grandeur de la consommation d'oxygène, sur la valeur du quotient respiratoire et sur la valeur de la dépense énergétique, paraissent bien montrer dans l'ensemble que le manque de facteurs B s'accompagne d'une diminution du pouvoir d'oxydation des cellules, et que ce défaut d'oxydation porte sur les glucides.

On doit donc retrouver dans l'urine une certaine quantité de substances carbonées correspondant à des stades divers de la désintégration du glucose.

21. R. Fabre, *Journ. Pharm. et Chim.*, 1927, 1^{er} et 16 mars, 8^e série, 5, p. 219 et p. 245.

22. Mme L. Randoïn et R. Fabre, *C. R. Acad. des Sciences*, 1927, 185, p. 151.

En 1924-1925, A. Bickel (23-24), G. Shinoda (25) et K. Shimizu (26) ont constaté une élévation très marquée de la valeur du rapport du carbone à l'azote urinaires, dans le cas de l'avitaminose en général. Il y aurait de la « désoxydative carbonurie », selon l'expression de A. Bickel et O. Kauffmann-Cosla (27-28), ou de la « dyscarbonurie », si l'on emploie la dénomination plus simple proposée par M. Nicloux (29).

En 1926, L. Rosenwald (30) a montré que, chez le Chien avitaminé, il se produit une augmentation, dans l'urine, de la quantité d'acide lactique, substance de déchet qui ne constituerait d'ailleurs qu'une partie du « carbone incomplètement oxydé » anormal de l'urine.

Mais le grave reproche que l'on peut faire à ces travaux relatifs à l'élimination du carbone durant l'avitaminose, c'est qu'ils ont été réalisés au moyen de régimes mal définis, non équilibrés, et privés, non pas uniquement des vitamines B, mais encore des autres vitamines.

Des études de ce genre doivent être effectuées en

23 et 24. A. Bickel, *Bioch. Zeitschr.*, 1924, 146, p. 443-521 et 1925, 166, p. 251-294.

25. G. Shinoda, *Bioch. Zeitschr.*, 1924, 149, p. 1-23.

26. K. Shimizu, *Bioch. Zeitschr.*, 1924, 153, p. 424-456.

27 A. Bickel et O. Kauffmann-Cosla, *Münch. med. Woch.*, 1925, n° 25.

28. O. Kauffmann-Cosla, *Bioch. Zeitschr.*, 1925, 166, p. 253-294. — O. Kauffmann-Cosla et J. Roche, *Archiv. Malad. Reins et Org. génito-urin.*, 1926, t. II, n° 4, p. 453-473.

29 M. Nicloux, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 1926, 8, p. 1-117.

30. L. Rosenwald, *Bioch. Zeitschr.*, 1926, 168, p. 324-334.

employant des régimes définis, non seulement complets, mais encore aussi parfaitement équilibrés que possible, dépourvus exclusivement d'une seule catégorie de vitamines.

Dans le cas contraire, les différents troubles provoqués par l'absence des vitamines B, par exemple, se trouvent, en effet, masqués ou bien aggravés par les accidents plus ou moins importants que déterminent d'autres carences ou d'autres déséquilibres alimentaires agissant en même temps sur l'organisme-animal qui sert de réactif.

Il importait de reprendre notamment le métabolisme du carbone, si intéressant à étudier dans le cas de l'avitaminose B, avec des régimes renfermant, sauf les vitamines B, la totalité des éléments indispensables, ceux-ci se trouvant combinés dans les proportions qui, normalement, assurent le mieux, chez l'animal réactif, la croissance et le maintien de l'équilibre.

C'est en employant des rations de ce genre, administrées chaque jour *par gavage* à des Pigeons adultes, que nous avons abordé systématiquement la question des variations de l'élimination du carbone au cours de la polynévrite.

Après avoir déterminé avec précision la quantité de carbone ingérée (travail relativement facile à cause du gavage des sujets d'expérience) nous avons, — laissant de côté le carbone gazeux —, essayé de déterminer, aussi exactement que possible, à intervalles très rapprochés, la quantité de carbone

excrétée : d'une part, celle qui se trouve dans les matières fécales ; d'autre part, celle qui existe dans les matières urinaires.

Qu'il s'agisse d'animaux-témoins normaux ou d'animaux privés de vitamines B, la détermination du carbone non gazeux excrété par le Pigeon, est loin de représenter une tâche aisée, ainsi que nous le montrerons plus loin.

Nous avons, malgré tout, entrepris cette étude des entrées et des sorties de carbone (non gazeux) comparativement, chez le Pigeon normal et chez le Pigeon polynévritique, en vue de savoir si l'absence exclusive de vitamines B dans un régime riche en glucides alimentaires, déterminait réellement des variations nettes du métabolisme du carbone.

* * *

Nous devons l'idée de ce travail à Mme L. Randoïn, Agrégé de l'Université, Docteur ès-sciences, Directeur du Laboratoire de Physiologie du Centre de Recherches sur l'Alimentation et à M. R. Fabre, Professeur agrégé à la Faculté de Pharmacie de Paris, Pharmacien en chef de l'Hôpital Necker.

Les recherches assez diverses, que nous avons dû poursuivre pour atteindre notre but, ont été faites : dans le laboratoire de Mme L. Randoïn, à l'Institut des Recherches Agronomiques ; dans le laboratoire de M. R. Fabre, à l'Hôpital Necker et dans le laboratoire de M. le Professeur A. Desgrez,

en collaboration avec M. L. Lescœur, à la Faculté de Médecine de Paris.

Nous sommes très honoré de l'intérêt que M. le Professeur M. Guerbet a bien voulu nous témoigner, en présidant notamment le jury de notre thèse.

Auprès de tous ces Maîtres, nous avons constamment rencontré un accueil bienveillant et affable, des conseils éclairés, des encouragements précieux. Qu'ils nous permettent de leur en exprimer ici notre profonde reconnaissance et de les assurer de notre respectueux dévouement.

L'hospitalité que nous avons reçue dans leurs laboratoires nous a infiniment touché. Nous n'oublierons jamais la haute expérience des savants français — expérience dont nous avons largement profité — et nous garderons certes un souvenir ému du charme et de la cordialité de leur accueil.

II. — DOSAGE DU CARBONE TOTAL

Pour effectuer les dosages de carbone, on pouvait employer les méthodes basées sur la transformation du carbone organique en anhydride carbonique à l'aide du tube à combustion classique ; l'acide carbonique formé étant absorbé par de la potasse contenue dans des tubes tarés dont on détermine l'augmentation de poids.

L'inconvénient des méthodes basées sur ce principe est de nécessiter un appareillage compliqué, et de demander un grand soin et une grande habileté, que l'on acquiert seulement par une longue pratique. De plus, elles portent sur des quantités de matières plus importantes que celles sur lesquelles nous devons opérer.

Dans la pratique, et surtout dans les laboratoires de Biologie, on a cherché des procédés plus simples, en remplaçant constamment la détermination pondérale de l'anhydride carbonique par un dosage alcalimétrique. La méthode d'oxydation en milieu alcalin dans un creuset d'argent telle qu'elle a été proposée par M. Lescœur (31) ne paraît pas devoir

31. L. Lescœur, *Journ. Pharm. et Chim.*, 1920, 8^e série, 21, p. 257.

s'appliquer à de très petites quantités de carbone. C'est pour cela que nous nous sommes adressé à des méthodes d'oxydations en milieu acide, méthodes dérivées de celles de M. le Professeur Desgrez (32), mais transformées en micro-méthodes.

La méthode mise au point par M. le Professeur Nicloux (33) donne également des résultats tout à fait satisfaisants et précis. Nous avons cependant préféré adopter la méthode de A. Desgrez en usage au laboratoire de Chimie médicale de la Faculté de Médecine de Paris.

Elle demande moins de manipulations et d'attention personnelle, tout en donnant d'aussi bons résultats. Nous en avons étudié le principe, en collaboration avec L. Lescœur (34) en vue d'opérer un microdosage par alcalimétrie. L. Lescœur et Mlle Manjean ont mis au point le dosage volumétrique du gaz carbonique (35). La technique que nous avons suivie pour la détermination du carbone total comporte les opérations suivantes :

- I. — L'oxydation des matières organiques;
- II. — La fixation de CO_2 formé par oxydation;
- III. — Le dosage proprement dit de CO_2 .

Les deux premières opérations, se faisant simul-

32. A. Desgrez, *C. R. Soc. Biol.*, 1897, 49, p. 1077.

33. M. Nicloux, *Bull. Soc. Chim.*, 1924, 4^e série, 35, p. 1041-1069.

34. L. Lescœur et T. J. Turobinski, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 1927, 9, séance du 6 déc. 1927.

35. L. Lescœur et Mlle F. Manjean, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 1927, 9, séance du 6 déc. 1927.

tanément, représentent le premier temps du dosage.

La dernière constitue un deuxième temps.

Pour ces deux temps du dosage, l'appareillage est différent et nous allons donner une description détaillée.

PREMIER TEMPS DE L'OPÉRATION

Oxydation de la matière organique et fixation de CO^2 formé.

RÉACTIFS NÉCESSAIRES.

1° Ferrocyanure de potassium en grains, préalablement desséché à l'étuve (100-120°). Ce ferrocyanure, légèrement tassé entre deux tampons de coton de verre, remplit le tube en U.

2° Mélange de bichromate de potasse et de chromate d'argent finement pulvérisés, dans la proportion de quatre parties de bichromate de potasse pour une partie de chromate d'argent.

3° Acide sulfurique pur.

4° Solution d'hydrate de baryte saturée, obtenue en ajoutant un excès de baryte hydratée pure à de l'eau distillée bouillie.

DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL.

Successivement on dispose :

1° Une éprouvette contenant de la chaux sodée granulée pour décarbonater l'air qui circulera dans

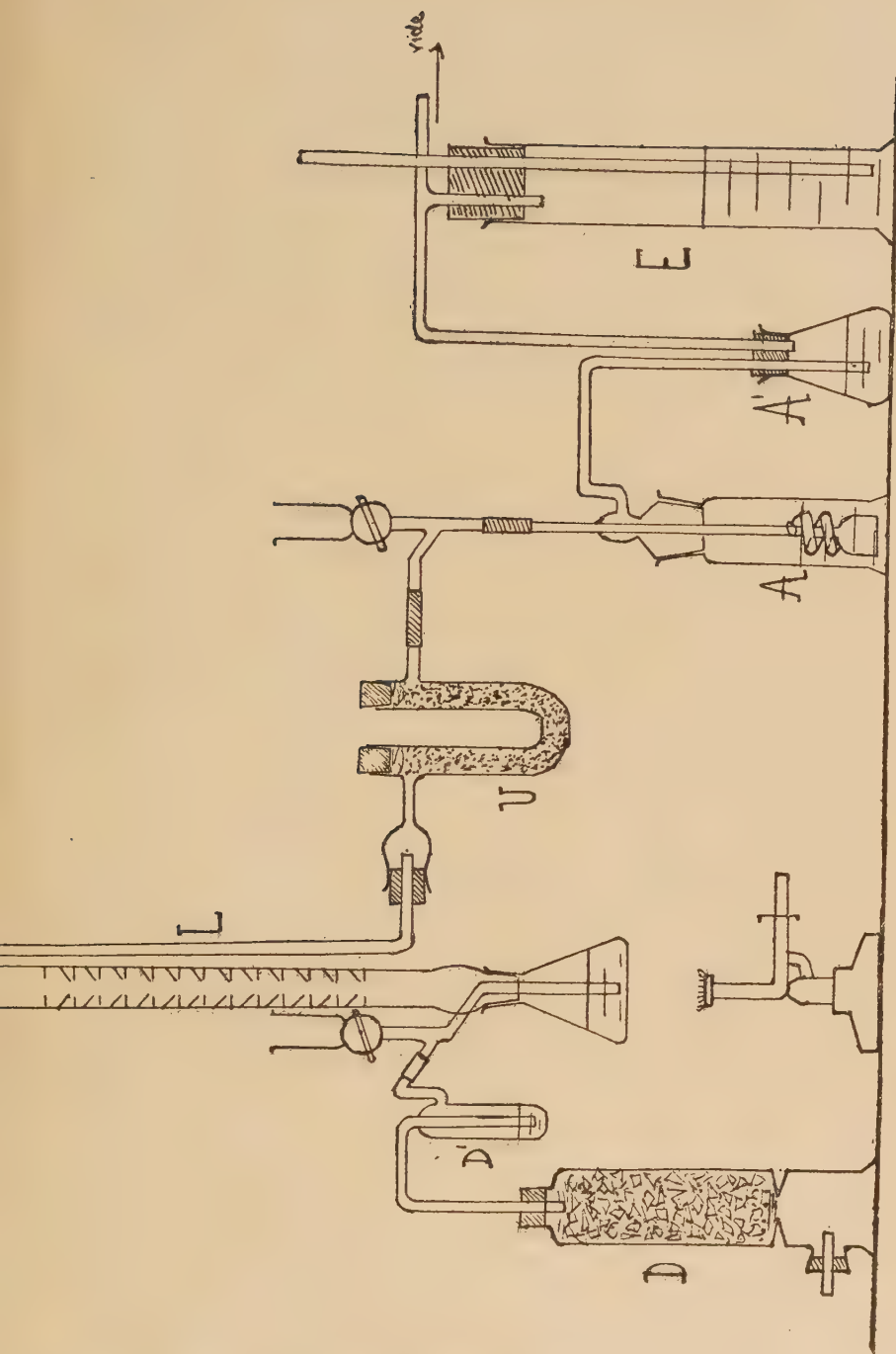
l'appareil. Elle est suivie d'un petit barboteur contenant de l'eau de baryte, servant à la fois de compte-bulles et de témoin de la décarbonation. Cette solution barytique doit rester entièrement limpide dans une opération bien conduite.

2° Un flacon-laboratoire, réduction de l'appareil classique pour le dosage du carbone total, de M. le Professeur Desgrez. Il se distingue cependant de l'ancien appareil, en ce qu'il est complètement en pyrex et que le réfrigérant à circulation d'eau a été remplacé par un simple condensateur à air de Vigreux, moins encombrant et moins fragile. On utilise la fermeture à l'émeri pour relier le ballon et l'ampoule à robinet, permettant l'introduction du liquide à analyser, ces différentes parties sont fixées solidement, comme il est indiqué sur le schéma ci-contre.

3° Un tube en U contenant du ferrocyanure de potassium.

4° Comme absorbeur de CO_2 , une éprouvette contenant de l'eau de baryte saturée, et dans laquelle plonge un tube barboteur à serpentin (dispositif Goutal). Le contact entre le gaz et l'eau de baryte est ainsi assuré aussi longtemps que possible. Un dernier flacon absorbeur sert de témoin afin de vérifier que l'absorption a été complète.

5° Une éprouvette assez haute, remplie d'eau aux trois-quarts et fermée par un bouchon traversé par deux tubes. La partie supérieure en T du premier tube est reliée, d'une part, à l'appareil, d'autre part à



II Appareil pour le microdosage du Carbone total

) Cet appareil a été fabriqué par la Maison Poulenc.

une trompe à eau. Le deuxième tube plongeant dans l'eau de l'éprouvette est en communication avec l'air extérieur. En l'enfonçant plus ou moins profondément, on fait varier la pression intérieure, réalisant ainsi un moyen commode pour obtenir la circulation régulière de gaz dans le système absorbeur ; c'est en somme la soupape de Jungfleisch.

PRISE D'ESSAI.

Si la quantité de carbone sur laquelle porte l'opération est trop faible, la détermination perd de sa rigueur. Si cette quantité est trop forte, la fixation dans le liquide absorbeur risque d'être insuffisante.

Si l'on suit à la lettre le mode opératoire ci-dessous, il convient que la prise d'essai ne contienne pas plus de 2 mgr. et pas moins de 0,5 mgr. de carbone.

Dans le cas des matières organiques solides, comme par exemple le cas des excréments de Pigeon, pour opérer directement sur les matières, cela entraînerait à des prélèvements de substances très petits, qui nécessiteraient l'emploi de micro-balance.

Il est préférable de diluer la matière à analyser avec un composé inerte, le sulfate de sodium anhydre par exemple, et d'opérer sur une fraction du mélange rigoureusement homogène.

L'expérience nous a montré que l'on obtenait de bons résultats en mélangeant les excréments de Pigeon et le sulfate de sodium anhydre dans la proportion de 1 pour 9, ces deux substances ayant été

préalablement mises à l'étuve à 60-65°, pendant vingt-quatre heures, puis finement pulvérisées. On sera assuré de l'homogénéité du mélange préparé avec ces constituants, dont l'un seul est coloré, lorsque sa teinte générale sera uniforme.

MODE OPÉRATOIRE

On introduit dans un flacon laboratoire, 2 gr. du mélange bichromate de potassium et chromate d'argent et 50 mgr. du mélange des excréments dilués à 1/10 dans le sulfate de sodium anhydre, puis, après avoir fixé le flacon au réfrigérant et avoir assuré l'étanchéité de la fermeture à émeri par quelques gouttes d'acide sulfurique concentré, on purge l'appareil, en faisant pendant dix minutes un courant d'air décarbonaté. On intercale alors dans le circuit les flacons absorbeurs contenant environ 20 cm³ d'eau de baryte saturée, et l'on introduit, par l'entonnoir à robinet dans le flacon laboratoire, 20 cm³ d'acide sulfurique concentré. On chauffe légèrement à l'aide d'un micro-brûleur ; après 5 minutes environ, la réaction est assez vive, et le dégagement d'oxygène abondant ; il est facile de le modérer.

On maintient convenable la vitesse du barbotage dans l'eau de baryte qui ne tarde pas à se troubler. Le liquide du flacon laboratoire primitivement rougeâtre prend une teinte verte par suite de la réduction du bichromate en sels de chrome, un dépôt se forme, le dégagement d'oxygène cesse. La plus

grande partie de CO^2 a été alors absorbée ; en faisant appel au système régulateur et en activant par ce moyen le courant gazeux, on complète l'absorption de CO^2 dans la solution barytique. L'opération dure une demi-heure au maximum.

A ce moment le liquide absorbeur contient la totalité de l'acide carbonique formé par oxydation de la matière organique, mais, à cause des impuretés qui peuvent exister à côté de CO^2 , le milieu ne se prête nullement à une détermination alcalimétrique immédiate. C'est maintenant qu'intervient un deuxième temps qui libérera et isolera CO^2 , cette fois dans des conditions favorables à un bon dosage. Il s'agit en définitive d'une rectification. Celle-ci n'est pas une complication apportée au dosage de CO^2 , car elle se fait presque automatiquement comme nous allons le voir.

DEUXIÈME TEMPS DE L'OPÉRATION

Technique du dosage proprement dit :

Nous ne donnerons ici que les points essentiels de la technique.

Solutions à préparer :

1^o Solution de baryte sensiblement $\frac{\text{N}}{50}$ additionnée

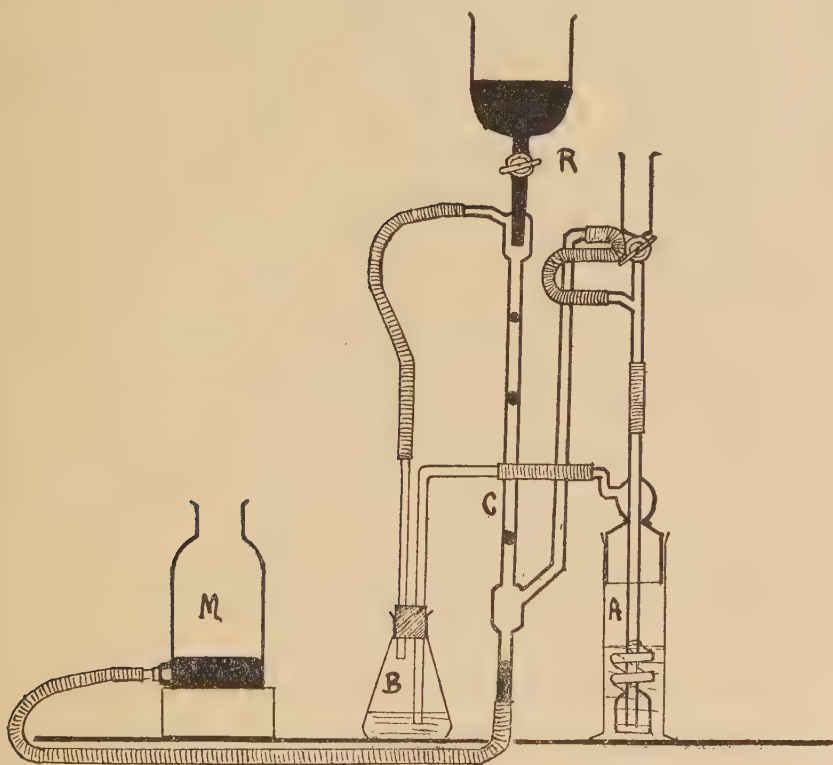
de 50 gr. de chlorure de baryum par litre

2° Solution d'acide chlorhydrique $\frac{N}{50}$.

3° Acide chlorhydrique au 1/3.

4° Solution alcoolique de phénol-phtaléine à 1 p. 100.

DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL



Appareil à circulation continue

MODE OPÉRATOIRE

Le réservoir M qui contient du mercure ayant été quelque peu surélevé (position I), on adapte

en A l'éprouvette même qui a servi à l'absorption dans le premier temps de l'opération. On introduit dans la fiole conique 25 cm³ du mélange barytique. On abaisse alors le réservoir M (position II), ce qui amène la pression à être légèrement inférieure à la pression atmosphérique. On introduit 5 cm³ d'acide chlorhydrique au 1/3 dans l'éprouvette ; le robinet de la trompe est alors ouvert de façon que le mercure tombant goutte à goutte du réservoir R, mette les gaz en mouvement dans le circuit fermé A B C. C'est à L. Lescœur qu'appartient l'idée, très ingénieuse, d'un circuit fermé (36).

L'opération se poursuit automatiquement 25 minutes. A ce moment on titre le mélange B par $\text{HCl } \frac{N}{50}$ en présence de 5 gouttes de phénol-phtaléine.

Soient n et N les nombres de cm³ $\frac{N}{50}$ nécessaires pour décolorer la phénol phtaléine respectivement dans le flacon B et dans un flacon témoin.

La différence $N-n$ donnera en cm³ $\frac{N}{50}$ la perte d'alcalinité correspondant à CO² fixé.

CORRECTION ET CALCULS

A propos du dosage de CO² proprement dit, dans notre appareil à circulation continue, il y a une lé-

gère erreur par excès due à la présence de CO_2 de l'air emprisonné au début de l'opération dans l'appareil.

Une erreur bien plus importante est celle qui se produit dans l'opération même de l'oxydation de la matière organique et qui provient du carbone apporté par les réactifs. L'acide sulfurique en particulier comme l'a montré M. le Professeur Nicloux n'est jamais absolument pur malgré le soin apporté dans son choix.

Une expérience à blanc conduite exactement suivant la technique précédente permet d'établir globalement un terme correctif tenant compte des deux erreurs par excès mentionnées ci-dessus.

Plusieurs opérateurs obtiennent avec les mêmes réactifs des chiffres à peu près constants ; nous attribuons ce fait à ce que dans notre technique l'intervention personnelle est réduite au minimum.

N , n , c , étant exprimés en $\text{cm}^3 \frac{N}{50}$, la quantité de carbone existant dans la prise d'essai est égale à 0 mgr., 12 ($N-n-c$) mgr.

III. — CONDUITE DES EXPERIENCES POUR LA DÉTERMINATION DU CARBONE TOTAL DES INGESTA ET DES EXCRETA NON GAZEUX

1^o CHOIX DE L'ANIMAL RÉACTIF ET DU RÉGIME.

TECHNIQUE EXPÉRIMENTALE.

Le Pigeon est un animal particulièrement sensible à l'absence de vitamines B dans son régime. Sa température centrale, normalement très élevée (42°) baisse au cours de l'avitaminose B globale que nous provoquons, et de graves troubles digestifs et nerveux entraînent la mort au bout d'un certain temps.

Pour nos expériences, nous avons choisi 3 Pigeons de même poids et de même sexe (mâle) que nous avons fait jeûner pendant vingt-quatre heures et qui, au début de l'expérience, pesaient tous 370 gr.

L'un (Pigeon-témoin) a reçu chaque jour, *par gavage*, 25 grammes d'un mélange, à parties égales de cinq sortes de graines : *blé, millet, maïs, chènevis et sarrasin*. Ce régime naturel assure parfaitement la croissance et l'entretien du Pigeon.

Les deux autres ont reçu, chaque jour, *par ga-*

vage également, 20 grammes d'un régime artificiel (régime de Mme Randoin) *uniquement privé de vitamines B*, dont la composition centésimale est la suivante :

Caséine purifiée	6
Fibrine purifiée.	5
Ovalbumine purifiée.	5
Graisse de beurre.	4
<i>Dextrine blonde purifiée.</i>	<i>66</i>
Mélange de sels	4
Agar-agar.	8
Papier filtre.	2

Ce régime artificiel, lorsqu'il est complété par 6 % de levure de bière (source de vitamines B), permet, comme le régime naturel, la croissance et l'entretien du Pigeon. Mais, dans les conditions ici réalisées, les vitamines B n'étant pas présentes, les animaux ne tardent pas à présenter les troubles digestifs et paralytiques caractéristiques de la polynévrite. Ils ont finalement de violentes crises nerveuses et meurent au bout d'un temps relativement court, (17^e-25^e jour) parce que l'énergie potentielle contenue dans la ration y existe pour une très grande proportion (66 %) sous forme de dextrine blonde, glucide très digestible.

D'une manière générale, après le douzième jour d'expérience, les Pigeons maigrissent, par suite d'une sorte d'inanition secondaire, les glucides absorbés ne comptant plus comme source d'éner-

gie, et il faut alors faire la part spéciale de la sous-alimentation si l'on veut connaître l'influence propre du manque de vitamines B.

Pour opérer d'une manière à la fois très simple et très nette, nous avons cherché, par de longs essais, à supprimer l'amaigrissement, de manière à avoir, pour les Pigeons au régime privé de vitamines B, exactement la même courbe de poids que pour les Pigeons au régime naturel.

Voici comment nous y sommes parvenu. Nous avons placé le Pigeon dans une cage à Cobayes, c'est-à-dire dans une cage beaucoup plus petite que celle qui est habituellement employée pour cet Oiseau. L'espace étant restreint, l'animal ne fait que peu de mouvements. A ce point de vue, la différence est surtout sensible au moment de la période des premiers troubles nerveux, où le Pigeon carencé s'agite, saute et tourne sans cesse.

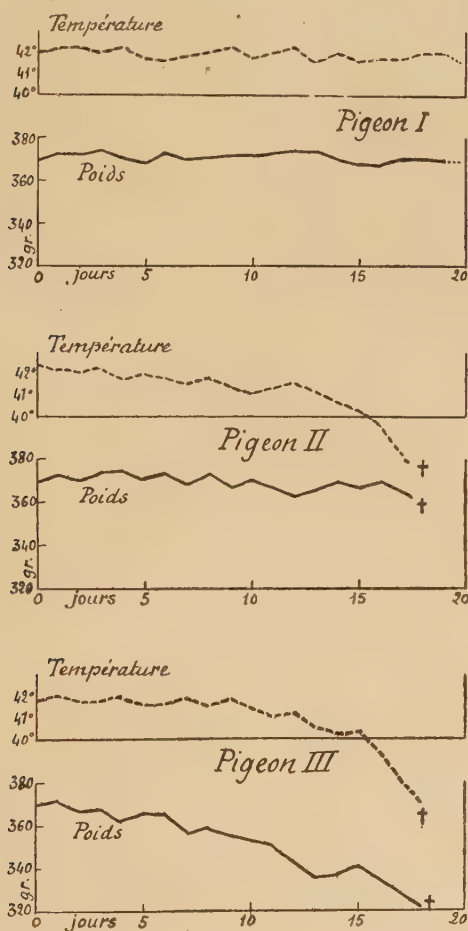
La dépense énergétique du Pigeon placé dans la petite cage étant de la sorte beaucoup plus faible, on parvient à empêcher la chute de poids constamment observée dans les conditions ordinaires.

Le premier Pigeon (animal-témoin) et le deuxième Pigeon (privé de vitamines B) ont été placés séparément dans une cage de même dimension.

Le troisième Pigeon (privé de vitamines B) a été placé dans une cage plus grande.

Les 3 individus ont eu de l'eau distillée à volonté. Leur température et leur poids ont été notés chaque jour, à la même heure.

Nous donnons ci-après les courbes de poids et de température que nous avons obtenues avec ces trois animaux.



On constate que les deux premiers ont eu sensiblement la même courbe de poids, mais non la même courbe de température : la température du

Pigeon polynévritique s'est abaissée, à la fin de la maladie, jusqu'à 38° (température normale : 42°).

Les courbes se rapportant au troisième Pigeon nourri exactement comme le précédent, indiquent une chute parallèle de poids et de température. Ce sont les courbes classiques, toujours obtenues dans les conditions expérimentales habituelles.

Ce troisième individu n'a été utilisé par nous qu'afin de pouvoir le comparer sans cesse aux deux autres. Les expériences relatives au carbone des ingesta et des excreta ont été réalisés avec les deux premiers Pigeons, placés et traités dans des conditions absolument identiques, mais dont l'un était normal et l'autre exclusivement privé de vitamines hydrosolubles B.

2° RÉCOLTE DES EXCRETA NON GAZEUX ET SÉPARATION DES MATIÈRES FÉCALES ET DES MATIÈRES URINAIRES.

On sait que, chez les Oiseaux, il n'existe pas de vessie urinaire. Les uretères se détachent du lobe rénal postérieur et vont déboucher séparément sur la paroi postérieure du cloaque. L'extrémité du rectum débouchant également dans cette cavité, c'est le mélange des matières urinaires et des matières fécales qui se trouve, à intervalles plus ou moins réguliers, éliminé par l'orifice cloacal externe.

Chez le Pigeon normal, ce mélange se solidifie rapidement et on distingue aisément la partie urinaire blanche, de la partie fécale de couleur plus ou

moins foncée, mais, chez les Pigeons privés de vitamines B, les excréta, au bout d'un certain temps, deviennent fluides, diarrhéiques, sans forme, et le dernier et l'avant-dernier jour de la maladie, les deux parties qui les composent se mélangent si intimement qu'il est impossible de les distinguer l'une de l'autre.

Au début de nos recherches, nous avons eu l'intention de recueillir séparément, au moyen d'une opération préalable, les matières fécales et les matières urinaires. Mais, outre l'inconvénient de rendre ainsi les animaux utilisés plus ou moins anormaux, les difficultés pratiques qui se présentent sont presque insurmontables. La plus grave, c'est que la plaie résultant de l'opération ne peut se cicatriser, car il est impossible d'empêcher les Pigeons d'intervenir fréquemment avec leur bec à l'endroit de la fistule.

Nous avons donc été obligé d'opérer d'une tout autre manière.

Nous avons recueilli, chaque jour, pendant toute la durée de l'expérience, c'est-à-dire pendant la durée de l'avitaminose B provoquée, la totalité des excréta fournis par chacun des deux Pigeons. Après dessiccation à l'étuve à 110 degrés jusqu'à poids constant, nous avons pesé ces excréta, puis nous en avons prélevé un certain poids. Sur cet échantillon, nous avons séparé mécaniquement les deux parties constituantes, et déterminé par pesée, à la balance de précision, la proportion des matières fécales et

la proportion des matières urinaires contenues dans l'échantillon en question.

En possession de ces données, il nous a été facile de calculer le poids des matières fécales et le poids des matières urinaires contenues dans les excréta de vingt-quatre heures.

Nous donnerons ici quelques détails sur ces opérations.

Chaque cage est munie d'un plateau et d'une grille mobile dont le poids total a été déterminé après séchage à l'étuve à 110 degrés.

Tous les jours, exactement à la même heure, le plateau et la grille avec les excréments sont retirés avec précaution, et les matières collées aux pattes ou à la queue du Pigeon sont soigneusement enlevées et déposées sur le plateau. Le tout est séché à l'étuve à 110 degrés. Un autre plateau et une autre grille de poids connu sont substitués immédiatement à ceux qui viennent d'être enlevés. Et ainsi de suite.

Pardifférence, on obtient chaque jour, pour chaque Pigeon, *très exactement*, le poids total des excréta non gazeux. Les poids sont, en effet, déterminés au moyen d'une grosse balance de marque « Longue » sensible au *centigramme*.

Après cette opération, on recueille cinq petits tas desséchés, correspondant chacun à une évacuation régulière. On pèse le tout à un milligramme près, et on opère, dans chacun des tas, la séparation entre les deux constituants. C'est ici la partie la

plus difficile, la plus longue et la plus délicate. On se sert d'un bistouri et d'une aiguille fine en examinant soigneusement à la loupe les parcelles détachées.

La partie urinaire est blanche et bien homogène. La partie fécale est, au contraire, colorée, sa teinte varie du gris au vert foncé; elle n'est pas homogène; on distingue nettement qu'elle est formée de débris divers.

La séparation, ainsi pratiquée mécaniquement, n'est certes pas absolument parfaite, mais, avec une grande habitude, on obtient malgré tout des résultats très satisfaisants.

L'opération est plus difficile, en ce qui concerne les excréments du Pigeon privé de vitamines B, au moment où, avec les troubles digestifs, commence la diarrhée. Néanmoins, nous avons pu fort bien, avec un poids déterminé du mélange, séparer les deux parties l'une de l'autre, jusqu'au seizième jour de la maladie.

Pour le Pigeon normal, nourri avec le mélange de graines, nous avons fait ce travail chaque jour jusqu'au dixième jour; puis, ayant pu remarquer ainsi une grande constance dans les résultats, nous avons cessé le travail de la séparation, et nous avons alors adopté, pour les jours suivants et jusqu'à la fin de l'expérience, les deux moyennes obtenues avec les deux séries de résultats.

Pour le Pigeon polynévritique, nous avons évidemment fait le travail de la séparation jusqu'au

bout, sauf toutefois pendant les deux derniers jours, pour la raison matérielle que nous avons indiquée plus haut.

Pour chacun des Pigeons, nous avons ainsi, chaque jour : un certain poids de matières fécales, un poids correspondant de matières urinaires, et tout le reste des excréments que nous mélangions intimement après broyage.

A part le premier jour de l'expérience, nous avons mélangé, après pesée, les matières fécales de deux jours, les matières urinaires de deux jours, les excreta totaux de deux jours, et nous avons dosé le carbone total dans chacun des nouveaux échantillons ainsi obtenus.

IV. — RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Tous nos résultats sont groupés dans les quatre tableaux suivants. Nous avons partagé la durée de maladie en trois périodes de six, six et cinq jours.

Le TABLEAU I renferme toutes les déterminations qui nous ont permis de calculer le carbone total de la ration ingérée et le carbone de la totalité des excréments rejetés : d'une part, chez le Pigeon normal, nourri avec le mélange de graines ; d'autre part, chez le Pigeon soumis à un régime absolument dépourvu de vitamines B. Pour ce dernier, des moyennes ont été établies à la fin de chacune des trois périodes.

On voit que, si le poids total de carbone ingéré est à peu près le même chez les deux Pigeons, par contre, la quantité totale de carbone non gazeux excrété est beaucoup plus élevée chez le Pigeon normal que chez l'autre animal.

Nous ferons remarquer que les 9^e, 10^e et 11^e jours, le Pigeon avitaminé a été pris de vomissements et que nous avons, par conséquent, retranché la quantité de nourriture (sèche), ainsi éliminée, du poids de la ration administrée par gavage, afin de connaître exactement le poids véritable des ingesta. C'est ce

TABLEAU I

Carbone total des ingesta et carbone total des excreta non gazeux.

JOURS D'EXPÉRIENCE	PIGEON NOURRI AVEC DES GRAINES						PIGEON RECEVANT UN RÉGIME PRIVÉ DE VITAMINES B					
	Ration ingérée	Carbone pour 100 de la ration	C. total de la ration	Poids total des excreta non gazeux	C. pour 100 des excreta totaux	C. total des excreta non gazeux	Ration ingérée	Carbone pour 100 de la ration	Carbone total de la ration	Poids total des excreta non gazeux	C. pour 100 des excreta totaux	C. total des excreta non gazeux
	gr.		gr.	gr.		gr.	gr.		gr.	gr.		gr.
1 ^{er} jour.	25	36,24	9,06	6,80	30,2	2,05	20	44,52	8,90	5,3	33,6	1,78
2 ^e —	25	36,24	9,06	8,20	38,8	3,18	20	44,52	8,90	5,5	34,9	1,92
3 ^e —	25	36,24	9,06	7,20	38,8	2,79	20	44,52	8,90	5,4	34,9	1,89
4 ^e —	25	36,24	9,06	7,20	39,0	2,81	20	44,52	8,90	4,4	33,2	1,46
5 ^e —	25	36,24	9,06	7,60	39,0	2,96	20	44,52	8,90	4,8	33,2	1,59
6 ^e —	25	36,24	9,06	7,50	36,4	2,71	20	44,52	8,90	5,0	32,4	1,62
Moyenne :										5,0	33,7	1,71
7 ^e —	25	36,24	9,06	6,70	36,4	2,42	20	44,52	8,90	3,5	32,4	1,13
8 ^e —	25	36,24	9,06	7,00	36,4	2,55	20	44,52	8,90	4,7	32,4	1,53
9 ^e —	25	36,24	9,06	7,70	36,4	2,80	13,03	44,52	5,80	3,0	32,4	0,97
10 ^e —	25	36,24	9,06	7,10	»	»	17,81	44,52	7,93	4,8	33,8	1,62
11 ^e —	25	36,24	9,06	7,70	31,3	2,41	18,84	44,52	8,39	3,7	33,8	1,25
12 ^e —	25	36,24	9,06	7,30	»	»	20	44,52	8,90	4,4	36,2	1,59
Moyenne :										4,0	33,5	1,34
13 ^e —	25	36,24	9,06	7,80	»	»	20	44,52	8,90	5,3	36,2	1,92
14 ^e —	25	36,24	9,06	7,10	42,2	2,99	20	44,52	8,90	5,5	34,1	1,87
15 ^e —	25	36,24	9,06	6,90	»	»	20	44,52	8,90	3,8	34,1	1,29
16 ^e —	25	36,24	9,06	7,10	»	»	20	44,52	8,90	4,0	34,8	1,39
17 ^e —	25	36,24	9,06	7,50	41,8	3,13	20	44,52	8,90	4,5	34,8	1,57
Moyenne :										4,6	34,8	1,60
Moy. générale :	25	36,24	9,06	7,32	37,17	2,73	19,39	44,52	8,63	4,56	33,9	1,55
Total général : (d'ap. moy.)	425		154,02	124,40	37,17	46,41	329,70		146,72	77,60		26,39

qui explique les trois chiffres, inférieurs à 20 gr., mentionnés sur le tableau.

Il s'ensuit que, pendant ces trois jours, le poids des excréta et les chiffres de carbone ingéré et de carbone excrété sont proportionnellement moins élevés qu'ils ne devraient l'être, surtout ceux qui se rapportent au 9^e jour. Les deux moyennes de la fin de la seconde période sont, également pour cette raison, un peu inférieures à celles de la fin de la troisième période.

* * *

Dans le TABLEAU II, nous avons indiqué, pour chaque jour d'expérience, le pourcentage du carbone excrété au carbone ingéré.

Pour le Pigeon normal, nourri avec les graines, ce rapport oscille autour de 30 %, avec des variations relativement peu étendues de part et d'autre de cette valeur.

Pour le Pigeon privé de vitamines B, le rapport est de 20 % environ les premiers jours de l'expérience ; puis il baisse ensuite quelque peu, pour atteindre une valeur moyenne de 17 % pendant la seconde période, et de 18 % pendant la troisième période.

TABLEAU II

**Rapport entre les quantités de carbone ingérées
et les quantités de carbone (non gazeux) excrétées.**

JOURS D'EXPÉRIENCE	PIGEON NOURRI AVEC DES GRAINES			PIGEON RECEVANT UN RÉGIME PRIVÉ DE VITAMINES B		
	Carbone ingéré	Carbone non gazeux excrété	Pourcent. du C. excrété au C. ingéré	Carbone ingéré	Carbone non gazeux excrété	Pourcent- tage du C. excrété au C. ingéré
	gr.	gr.		gr.	gr.	
1 ^{er} jour.	9,06	2,05	22,8	8,90	1,78	20,1
2 ^e —	9,06	3,18	35,3	8,90	1,92	22,1
3 ^e —	9,06	2,79	30,9	8,90	1,89	21,7
4 ^e —	9,06	2,81	31,1	8,90	1,46	16,5
5 ^e —	9,06	2,96	32,8	8,90	1,59	18,1
6 ^e —	9,06	2,71	29,9	8,90	1,62	18,5
Moyenne :					1,71	19,5
7 ^e —	9,06	2,42	26,7	8,90	1,13	12,9
8 ^e —	9,06	2,55	28,4	8,90	1,53	17,3
9 ^e —	9,06	2,80	31,2	5,80	0,97	16,9
10 ^e —	9,06	»	»	7,93	1,62	21,1
11 ^e —	9,06	2,41	26,6	8,39	1,25	15,4
12 ^e —	9,06	»	»	8,90	1,59	18,3
Moyenne :					1,34	17,3
13 ^e —	9,06	»	»	8,90	1,92	21,9
14 ^e —	9,06	2,99	33,0	8,90	1,87	21,1
15 ^e —	9,06	»	»	8,90	1,29	14,4
16 ^e —	9,06	»	»	8,90	1,39	15,6
17 ^e —	9,06	3,13	34,5	8,90	1,57	17,7
Moyenne :					1,60	18,1
Moyenne générale :	9,06	2,73	30,3	8,63	1,55	18,22
Total général : (d'ap. moy.)	154,02	46,41		146,72	26,39	

Le TABLEAU III résume l'ensemble de nos recherches sur la répartition des excréments totaux en matières fécales et en matières urinaires.

Nous avons déjà montré (tableau I) que les excréments totaux sont plus abondants chez le Pigeon normal que chez le Pigeon privé de vitamines B.

TABLEAU III

**Répartition de la quantité d'excréments totaux
entre les matières fécales et les matières urinaires.**

JOURS D'EXPÉRIENCE	PIGEON NOURRI AVEC DES GRAINES			PIGEON RECEVANT UN RÉGIME PRIVÉ DE VITAMINES B		
	Poids total des excréta non gazeux	Poids des matières fécales	Poids des matières urinaires	Poids total des excréta non gazeux	Poids des matières fécales	Poids des matières urinaires
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
1 ^{er} jour.	6,80	6,29	0,51	5,3	4,82	0,48
2 ^e —	8,20	7,63	0,57	5,5	5,01	0,49
3 ^e —	7,20	6,68	0,52	5,4	4,77	0,63
4 ^e —	7,20	6,63	0,57	4,4	3,77	0,63
5 ^e —	7,60	6,93	0,67	4,8	4,25	0,55
6 ^e —	7,50	6,81	0,69	5,0	4,46	0,54
Moyenne :				5,1	4,51	0,72
7 ^e —	6,70	6,10	0,60	3,5	2,87	0,63
8 ^e —	7,00	6,27	0,73	4,7	3,60	1,10
9 ^e —	7,70	6,98	0,72	3,0	2,45	0,55
10 ^e —	7,10	»	»	4,8	3,82	0,98
11 ^e —	7,70	»	»	3,7	3,06	0,64
12 ^e —	7,30	»	»	4,4	3,65	0,75
Moyenne :				4,0	3,19	0,77
13 ^e —	7,80	»	»	5,3	3,87	1,43
14 ^e —	7,10	»	»	5,5	4,34	1,16
15 ^e —	6,90	»	»	3,8	2,47	1,33
16 ^e —	7,10	»	»	4,0	»	»
17 ^e —	7,50	»	»	4,5	»	»
Moyenne :				4,6	3,56	1,30
Moyenne générale :	7,32	6,70	0,62	4,56	3,81	0,79
Total général : (d'ap. moy.)	124,40	113,90	10,54	77,6	64,33	14,49

Pour le premier individu, le poids quotidien moyen est de 7 gr., 32, tandis que pour le second, il n'est que de 4 gr., 56.

La quantité de matières fécales varie de même, d'une manière considérable, d'un animal à l'autre : l'individu normal en élimine 6 gr., 70 en moyenne

par jour ; l'individu avitaminé n'en élimine que 4 gr., 50 pendant la première période, puis 3 gr., 20 en moyenne pendant la seconde période et enfin 3 gr., 50 environ.

Quant au poids des matières urinaires, il est de 10 à 11 fois plus faible que celui des matières fécales pour le Pigeon nourri aux graines (0 gr., 62 en moyenne par jour) ; mais il est seulement de 6 à 7 fois plus faible que le poids de la partie fécale pour le Pigeon avitaminé, pendant la première période, puis, l'élimination journalière d'urine augmentant très nettement chez ce dernier, la partie urinaire n'est bientôt plus que le quart de la partie fécale et à la fin, à peine le tiers, ainsi que l'indiquent les moyennes calculées pour chacune des périodes.

Enfin, le TABLEAU IV permet de comparer entre elles les déterminations relatives au carbone des matières fécales et les déterminations relatives au carbone des matières urinaires.

Le Pigeon normal élimine, chaque jour, en moyenne, 2 gr., 73 de carbone non gazeux : par l'intestin, 2 gr., 51 ; par les uretères, 0 gr., 22.

Pendant la première période, le Pigeon privé de vitamines B élimine en moyenne 1 gr., 76 de carbone non gazeux : par l'intestin, 1 gr., 60 ; par les uretères, 0 gr., 16. Pendant la seconde période, il élimine seulement 1 gr., 18 de carbone fécal, mais la quantité moyenne de carbone urinaire s'élève à 0 gr., 23 par jour. Et, durant les derniers jours de

TABLEAU IV

Carbone total des matières fécales et carbone total des matières urinaires.

JOURS	PIGEON NOURRI AVEC DES GRAINES						PIGEON RECEVANT UN RÉGIME PRIVÉ DE VITAMINES B					
	Poids des matières fécales	Carbone pour 100 des matières fécales	Carbone des matières fécales	Poids des matières urinaires	Carbone pour 100 des matières urinaires	Carbone des matières urinaires	Poids des matières fécales	Carbone pour 100 des matières fécales	Carbone des matières fécales	Poids des matières urinaires	Carbone pour 100 des matières urinaires	Carbone des matières urinaires
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
1 ^{er} jour.	6,29	30,5	1,92	0,51	29,9	0,15	4,82	34,5	1,66	0,48	29,3	0,14
2 ^e —	7,63	39,6	3,02	0,57	34,2	0,20	5,01	37,5	1,88	0,49	28,1	0,14
3 ^e —	6,68	39,6	2,64	0,52	34,2	0,18	4,77	37,5	1,79	0,63	28,1	0,13
4 ^e —	6,63	39,9	2,64	0,57	35,9	0,20	3,77	34,6	1,30	0,63	31,1	0,19
5 ^e —	6,93	39,9	2,66	0,67	35,9	0,24	4,25	34,6	1,47	0,55	31,1	0,17
6 ^e —	6,81	36,3	2,47	0,69	35,8	0,25	4,46	34,2	1,52	0,54	30,0	0,16
Moyenne :							4,51	35,5	1,60	0,72	29,6	0,16
7 ^e —	6,10	36,3	2,21	0,60	35,8	0,22	2,87	34,2	0,98	0,63	30,0	0,19
8 ^e —	6,27	37,5	2,35	0,73	34,0	0,25	3,60	34,4	1,24	1,10	29,6	0,32
9 ^e —	6,98	37,5	2,62	0,72	34,0	0,24	2,45	34,4	0,84	0,55	29,6	0,16
10 ^e —	»	»	»	»	»	»	3,82	38,0	1,45	0,98	28,7	0,28
11 ^e —	»	31,6	»	»	29,7	»	3,06	38,0	1,16	0,64	28,7	0,18
12 ^e —	»	»	»	»	»	»	3,65	39,1	1,43	0,75	33,9	0,25
Moyenne :							3,19	36,3	1,18	0,77	31,6	0,23
13 ^e —	»	»	»	»	»	»	3,87	39,1	1,51	1,43	33,9	0,48
14 ^e —	»	43,0	»	»	39,8	»	4,34	35,9	1,56	1,16	29,1	0,34
15 ^e —	»	»	»	»	»	»	2,47	35,9	0,89	1,33	29,1	0,39
16 ^e —	»	»	»	»	»	»	»	37,4	»	»	29,6	»
17 ^e —	»	42,2	»	»	39,8	»	»	37,4	»	»	29,6	»
Moyenne :							3,56	37,1	1,32	1,30	30,3	0,40
Moy. générale :	6,70	37,82	2,51	0,62	34,91	0,22	3,81	36,3	1,38	0,79	29,9	0,24
Total général : (d'ap. moy.)	113,90		42,67	10,54		3,74	64,33		23,32			4,37

la maladie, le poids du carbone fécal est de 1 gr., 32 en moyenne, tandis que le poids du carbone urinaire atteint le chiffre relativement considérable de 0 gr., 40 par jour, c'est-à-dire que l'élimination carbonée est devenue 2 fois et demie plus forte qu'elle n'était au début de l'expérience.

V. — CONCLUSIONS GÉNÉRALES

1^o SUR LA MÉTHODE DE DOSAGE DU CARBONE.

Nous avons adopté la méthode de A. Desgrez permettant le dosage du carbone total dans les produits d'élimination, mais nous avons modifié cette méthode en faisant absorber les gaz en circuit fermé et en adaptant à l'appareil ainsi modifié une pompe à mercure pour faire circuler les gaz. Nous avons donc mis au point une microméthode de dosage du carbone par alcalimétrie, méthode présentant à la fois les deux avantages suivants : grande exactitude, grande simplicité.

2^o SUR LE CARBONE TOTAL DES INGESTA ET DES EXCRETA NON GAZEUX.

Les excreta non gazeux sont beaucoup plus abondants chez le Pigeon normal, nourri avec un mélange de graines, que chez le Pigeon recevant un régime artificiel exclusivement privé de vitamines hydrosolubles B.

La ration naturelle renferme, en effet, une proportion d'aliments encombrants (enveloppes de graines, débris cellulosiques) plus forte que la ration artificielle.

Si la quantité de carbone total contenue dans les ingesta, administrés par gavage, est sensiblement la même pour les deux Pigeons en expérience, il n'en est pas ainsi pour le carbone non gazeux excrété. Chez l'individu normal, on trouve 30 parties de carbone excrété pour 100 parties de carbone ingéré ; chez l'individu avitaminé, on trouve seulement 19,5 ; 17 et 18 parties de carbone excrété pour 100 parties de carbone ingéré.

Le carbone total excrété est de 2 gr., 7 en moyenne par jour chez le Pigeon normal ; de 1 gr., 7, 1 gr., 3, et 1 gr., 6 chez le Pigeon polynévritique.

3° SUR LA RÉPARTITION DU CARBONE NON GAZEUX EXCRÉTÉ,
ENTRE LE CARBONE DES MATIÈRES FÉCALES ET LE CARBONE
DES MATIÈRES URINAIRES.

Chez le Pigeon normal, les excréments totaux éliminés par l'intestin et le rein se répartissent ainsi :

6 gr., 70 par jour, en moyenne, pour l'élimination intestinale.

0 gr., 62 par jour, en moyenne, pour l'élimination rénale.

Chez le Pigeon avitaminé, la répartition quotidienne est la suivante :

4 gr., 5, en moyenne, pour l'élim. intest.	{ pour la première période (6 jours).
0 gr., 7, en moyenne, pour l'élim. rénale.	
3 gr., 5, en moyenne, pour l'élim. intest.	{ pour la dernière période (5 jours).
1 gr., 3, en moyenne, pour l'élim. rénale.	

La proportion des matières fécales est donc beaucoup plus faible chez le Pigeon privé de vitamines B; mais, par contre, la proportion des matières urinaires est toujours plus forte chez ce Pigeon, déjà au cours de la première période.

Il en est de même en ce qui concerne le carbone des matières fécales et le carbone des matières urinaires.

Chez le Pigeon normal, on trouve :

2 gr., 5, en moyenne, de carbone fécal, par jour.

0 gr., 22, en moyenne, de carbone urinaire, par jour.

Chez le Pigeon privé de vitamines B, on trouve, en moyenne :

1^{er} au 6^e jour :

1 gr., 60 de carbone dans les matières fécales.

0 gr., 16 de carbone dans les matières urinaires,

7^e au 12^e jour :

1 gr., 18 de carbone dans les matières fécales.

0 gr., 23 de carbone dans les matières urinaires.

13^e au 17^e jour :

1 gr., 32 de carbone dans les matières fécales.

0 gr., 40 de carbone dans les matières urinaires.

Au cours de l'avitaminose B, la teneur en carbone de la partie fécale des excreta diminue donc d'une manière assez sensible, au moins durant un certain temps. Il y aurait absorption plus complète des matières nutritives ingérées, par une sorte de réaction de défense d'un organisme privé d'un principe alimentaire indispensable.

Et, d'autre part, le fait de donner au Pigeon un régime exclusivement dépourvu de vitamines B détermine une élimination plus abondante de carbone urinaire. Il semble donc bien prouvé que la proportion du carbone non complètement oxydé augmente au cours de la polynévrite expérimentale et, en conséquence, que les vitamines B jouent un rôle dans la désintégration des substances carbonées, vraisemblablement des glucides, d'après les nombreux travaux antérieurs dont nous avons parlé au début de ce mémoire.

Vu, bon à imprimer :

Le Président de la Thèse,

GUERBET.

Vu :

Le Doyen de la Faculté,

RADAIS.

Vu et permis d'imprimer :

Le Recteur de l'Académie de Paris,

S. CHARLETY.

BIBLIOGRAPHIE

(Les numéros correspondent à ceux qui sont intercalés dans le texte.)

1. C. FUNK. — The Vitamins, trad. angl. de H. E. DUBIN (1922, Baltimore, *Williams et Wilkins*, édit.).
2. Mme L. RANDOIN et H. SIMONNET. — Les données et les inconnues du Problème alimentaire. — Tome II : La question des Vitamines (1927, Paris, *Les Presses Universitaires de France*, édit.).
3. *Id.* — Influence de la nature et de la quantité des glucides présents dans une ration privée de facteur B sur la précocité de l'apparition des accidents de la polynévrite aviaire (*C.R. Acad. Sciences*, 1923, 177, p. 903).
4. *Id.* — Recherches expérimentales relatives au mécanisme de la production des troubles caractérisant une maladie par déséquilibre alimentaire : la polynévrite aviaire (*Bull. Soc. Scientif. Hyg. Alim.*, 1924, 12, p. 86-116).
5. *Id.* — Le problème alimentaire envisagé au point de vue des rapports existant entre les substances élémentaires fondamentales et les substances énergétiques (*C.R. Acad. Sciences*, 1924, 178, p. 963).
6. *Id.* — Sur l'équilibre alimentaire. Entretien du Pigeon au moyen d'un régime totalement privé de facteur hydro-soluble B (*C.R. Acad. Sciences*, 1924, 179, p. 700).

7. *Id.* — Croissance et entretien du Rat soumis à un régime artificiel privé à la fois de facteur B et de glucides (*C.R. Acad. Sciences*, 1924, 479, p. 1219).
8. Mme L. RANDOIN et R. LECOQ. — Inégalité de la teneur en vitamines hydrosolubles B d'extraits de levure d'origine différente (*C.R. Acad. Sciences*, 1926, 482, p. 1408).
9. *Id.* — Recherches qualitatives et quantitatives sur les vitamines hydrosolubles B contenues dans les extraits de levure, dans les levures et dans les milieux de culture de ces levures (*Journ. Pharm. et Chim.*, 1927, 8^e série, 5, p. 193-209).
10. *Id.* — L'évolution de l'avitaminose B dans ses rapports avec la constitution des glucides du régime (*C.R. Acad. Sciences*, 1927, 484, p. 1347).
11. Mme L. RANDOIN et H. SIMONNET. — Equilibre alimentaire, isodynamie et substances élémentaires fondamentales (*Bull. Soc. Chim. Biol.*, 1924, 6, p. 601-626).
12. *Id.* — Le facteur hydrosoluble B (*Bull. Soc. Chim. Biol.*, 1925, 7, p. 678-749).
13. E. ABDERHALDEN et E. WERTHEIMER. — (*Archiv Gesamm. Physiol.*, voir années 1921-1922-1923-1924).
14. R.A. DUTCHER. — Vitamine studies. I. Observations on the catalase activity of tissues in avian polyneuritis (*Journ. Biol. Chem.*, 1918, 36, p. 63-72).
15. W.R. HESS. — Die Rolle der Vitamine im Zellchemismus. Bemerkungen zu der Ergänzung von Emil Abderhalden (*Zeitschr. Physiol. Chem.*, 1921, 117, p. 284-308 et 420, p. 277-280).
16. *Id.* — Die Blausäure Vergiftung als Methode der Avitaminoseforschung (*Plfuger's Archiv*, 1923, 198, p. 488-489).

17. *Id.* — Toxikologische Untersuchungen im Dienste der Avitaminoseforschung (*Archiv Exp. Path. Pharm.*, 1924, 103, p. 366-379).
18. K. ROHR. — Vergleichende Untersuchungen über die Atmungsgrösse Verschiedener Gewebearten und ihren Gehalt an Vitamin Facktor B (*Zeitschr. Physiol. Chem.*, 1923, 129, p. 248-267).
19. E. ALDERHALDEN et WERTHEIMER. — Weitere Studien über das Wesen der im Stadium der alimentären Dystrophie bei Tauben nach ausschliesslicher Fütterung mit geschliffenem Reis auftretenden Störung der Zellatmung (*Archiv Gesamm. Physiol.*, 1923, 198, p. 169-178 et 199, p. 352-364).
20. Mme L. RANDOIN et R. FABRE. — Glutathion et avitaminose B chez le Pigeon (*Bull. Soc. Chim. Biol.*, 1927, 9, p. 1027-1070).
21. R. FABRE. — Le glutathion (*Journ. Pharm. et Chim.*, 1927, 1^{er} et 16 mars, 8^e série, 5, p. 219 et p. 245).
22. Mme L. RANDOIN et R. FABRE. — Recherches comparatives sur la teneur en glutathion de quelques tissus et du sang, chez le Pigeon normal, chez le Pigeon sous-alimenté et chez le Pigeon privé de vitamines B (*C. R. Acad. Sciences*, 1927, 185, p. 151).
23. A. BICKEL. — Das Wesen der Avitaminose nach experimentellen Untersuchungen über die abmagerung Form dieser Krankheit (*Bioch. Zeitschr.*, 1924, 146, p. 473-521).
24. *Id.* — Weitere Untersuchungen über den Stoffwechsel bei der Avitaminose (*Bioch. Zeitschr.*, 1925, 166, p. 251-294).
25. C. SHINODA. — Studien über intermediären Kohlenhydratumsatz in Hunger und Avitaminose. II (*Bioch. Zeitschr.*, 1924, 149, p. 1-23).

26. K. I. SCHIMIZU. — Experimentelle Untersuchungen über die Kohlenstoffausscheidung durch den Harn in der Norm, bei der Avitaminose, der Unterernährung und dem Hunger, zugleich ein Beitrag zur Energetik im menschlichen und tierischen Körper (*Bioch. Zeitschr.*, 1924, 153 p. 424-455).
27. A. BICKEL et O. KAUFFMANN-COSLA. — Über das Wesen und B-Aglykosurischer Stoffwechsel des N-freien C-haltigen Stoffes (*Münch. Med. Woch.*, 1925, n° 25).
28. O. KAUFFMAN-COSLA. — Experimentelle Untersuchungen über die « dysoxydative Carbonurie » bei der Avitaminose und ihre Beeinflussung durch Insulin und Ionen (*Bioch. Zeitschr.*, 1925, 166, p. 253-294).
- Id. et J. ROCHE. — La « désoxydative carbonurie ». Contribution à l'étude des oxydations cellulaires normales et pathologiques, *Arch. Malad. Reins et Org. génito-urin.*, 1926, t. II, n° 4, p. 453-473.
29. M. NICLOUX. — Dysoxydative carbonurie ou dyscarbonurie ? (*Bull. Soc. Chim. Biol.*, 1926, 8, p. 1117).
30. L. ROSENWALD. — Vermehrte Milchsäure Ausscheidung durch den Harn bei der Avitaminose als Beweis für die Störung des Kohlehydratstoffwechsels und die Beeinflussung dieser Milchsäure ausscheidung durch Insulin (*Bioch. Zeitschr.*, 1926, 168, p. 324-334).
31. L. LESCŒUR. — Dosage rapide du carbone (*Journ. Pharm. et Chim.*, 1920, 8^e série, 21, p. 257).
32. A. DESGREZ. — Dosage du carbone total dans les produits d'élimination (*C. R. Soc. Biol.*, 1897, 49, p. 1077).
33. M. NICLOUX. — La micro-analyse organique quantitative (*Bull. Soc. Chim.* 1924, 4^e série, 35, p. 1041-1069).

34. L. LESCŒUR et T.-J. TUROBINSKI. — Modification de l'appareil du Professeur A. Desgrez pour le carbone total en vue d'un microdosage par alcalimétrie (*Bull. Soc. Chim. Biol.*, 1927, 9, Séance du 6 déc. 1927).
35. L. LESCŒUR et Mlle F. MANJEAN. — Sur le dosage volumétrique du gaz carbonique (*Bull. Soc. Chim. Biol.*, 1927, 9, Séance du 6 déc. 1927).
36. L. LESCŒUR. — Absorption des gaz en circuit fermé (*C. R. Soc. Biol.*, 1922, 84, p. 912).

